

AA

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-309602

(43) 公開日 平成11年(1999)11月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

B 2 3 B 5/36

識別記号

F I

B 2 3 B 5/36

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-132556

(22) 出願日 平成10年(1998) 4月28日

(71) 出願人 000196705

西部電機株式会社

福岡県古賀市駅東三丁目3番1号

(72) 発明者 中里 晋也

福岡県古賀市駅東三丁目3番1号 西部電機株式会社内

(72) 発明者 大園 和美

福岡県古賀市駅東三丁目3番1号 西部電機株式会社内

(72) 発明者 坂木 久佳

福岡県古賀市駅東三丁目3番1号 西部電機株式会社内

(74) 代理人 弁理士 尾仲 一宗 (外1名)

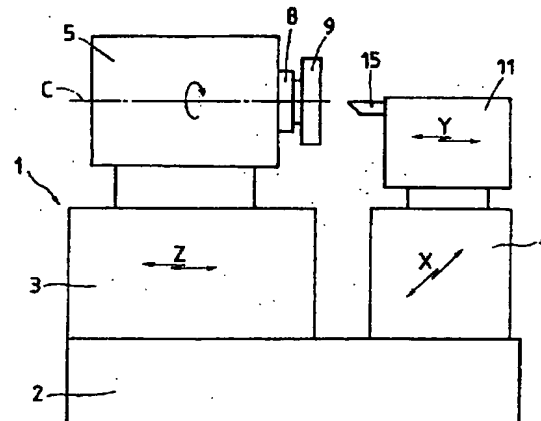
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非軸対称非球面の加工方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、NC加工機を用いて、短時間に且つ高精度に非軸対称非球面を加工することのできる加工方法を提供する。

【解決手段】 加工の際には主軸台5を載置したZ軸テーブル3は移動しないように固定される。主軸台5のチャック8には工作物9が取り付けられ、工作物9はスピンドルモータによって主軸回りに回転する。一方、バイト15を保持したスライドはNC制御装置によってZ軸方向に往復運動する。また、スライドを載置したX軸テーブル4はX軸方向に往復運動する。スライド及びX軸テーブル4の往復運動は工作物9の回転に同期して行われると共に、スライド及びX軸テーブル4はお互いに同期して往復運動する。



【0006】しかしながら、上記特開平8-192348号公報に記載された研削研磨方法及び上記の非球面研削機17を使用した研削方法は、いずれにしても、研磨による方法であるから、加工速度が遅く、加工に長時間を要するという問題がある。特に、非球面研削機17は、砥石スピンドル25及びコラム22を搭載したZ軸テーブル24の重量が大きいので、工作物18の回転に同期させてZ軸テーブル24をZ軸方向に往復運動させる際に、Z軸テーブル24は慣性力が大きすぎて迅速に応答することができず、追従遅れを生じる。このため、サーボゲインを大きくして対応しているが、工作物18の回転軸である主軸23の回転速度を大きくすることには限界があり、最大でも100rpmが限度であるから、加工速度を上げることができず、結果として加工時間が長くなってしまおうという問題があった。

【0007】また、非球面研削機17は、Z軸テーブル24の追従遅れのために、3μm程度の象限突起が発生することがあり、工作物18を非軸対称非球面形状に加工するには加工精度が必ずしも十分とはいえなかった。ここで、象限突起とは、象限の切り換わり目において送りモータが反転するとき、摩擦、機械のガタ、ロストモーション等により工具先端が指令値どおりに追従できず、その遅れ時間により形状誤差を生ずる現象をいう。

【0008】ところで、慣性力を小さくして高速往復運動を可能にしたNC加工機として、従来、NCリード加工機がある（特開平2-180503号公報、特開平3-73202号公報参照）。該NCリード加工機は、VTR用シリンドラにテープ走行時のガイドとなるリード形状等のリード加工を高速で行うために、専用機として開発されたものである。

【0009】たとえば、特開平2-180503号公報に開示されたNCリード加工機26は、図9及び図10に示すように、主軸27を回転させるスピンドルモータ28を組み込んだ主軸台29、主軸27の長手方向であるZ軸方向に移動可能なZ軸テーブル30、Z軸方向に直交するX軸方向にZ軸テーブル30上を移動可能であって且つ主軸台29を載置したX軸テーブル31、主軸27の先端に設けられたチャックであるクランプ32、クランプ32に保持される工作物33と対向する位置に設置したテーブル34、テーブル34に取り付けられた刃物台装置としてのターナ35から構成されており、ターナ35は、テーブル34に取り付けたサーボモータ36、サーボモータ36の駆動軸と一体構造の回転軸37に形成した雄ねじ（図示せず）、前記雄ねじに螺合し且つ回転軸37の回転運動に応じて往復運動可能なナット部材（図示せず）、該ナット部材に固定され且つ一端にバイト38を取り付けたスライド39、及びテーブル34に取り付けたスライドベース40にスライド39をZ軸方向に移動可能に支持する軸受（図示せず）から構成されている。

【0010】NCリード加工機26は、スライド39に取り付けられたバイト38が主軸台29に保持した工作物33の回転角度に対応して一定ストロークで往復運動を繰り返すようにプログラムされ、リード加工専用機として使用するように構成したものである。リード加工を行う際には、X軸テーブル31の移動を固定し、主軸27に保持される工作物33のサーボモータ28による回転に正比例して、テーブル34に取り付けたZ軸移動用サーボモータ36を作動させている。具体的には、工作物33が一回転する毎に、Z軸移動用サーボモータ36は前進移動と後退移動を一定ストロークで一度行っており、リニア往復運動と同時に、Z軸テーブル30は、工作物33が一回転する毎に（即ち、リードが1本切削される毎に）、図11に示すように、工作物33側へ数拾μmの切込みで距離pずつ移動し、最終端に達するまでの長さ（工作物33の外周面に成形されるリード部の長手方向の量即ち長さL）まで微動移動を繰り返すことになる。NCリード加工機26は、ターナ35が軽量であるがゆえに、工作物33を1000rpmの回転速度で高速回転させながらリード加工を施すことができるものである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記のとおり、非軸対称非球面を製作するためには、従来から一般に、砥石で研磨する方法が採られてきた。通常のNC加工機では、テーブルの慣性力が大きいためテーブルが高速で追従できないという理由から、加工物の回転速度も低くなり、バイトで切削して非軸対称非球面を製作することは困難であると考えられてきた。

【0012】しかしながら、研磨による方法は加工に長時間を要するという問題があることから、非軸対称非球面を短時間で製作することが求められていた。そこで、本願発明は、非軸対称非球面を切削加工によって製作できるようにすることを課題とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】この発明の目的は、上記課題を解決することであり、NCリード加工機が有する慣性力の小さい高速往復運動性能に着目し、NCリード加工機を利用してレンズ等の工作物に対して非軸対称非球面を精度よく加工するものであり、従来からリード加工のための専用機として使用されてきたNCリード加工機を応用して、累積焦点メガネレンズ等のような非軸対称非球面を精度よく短時間で高速加工することができる非軸対称非球面の加工方法を提供することである。

【0014】この発明は、主軸を回転させるモータを組み込んだ主軸台、前記主軸台を載置し且つ前記主軸の長手方向であるZ軸方向に移動可能なZ軸テーブル、前記主軸の先端に保持される工作物と対向する位置に設置され且つ前記Z軸方向に直交するX軸方向に移動可能なX軸テーブル、及び前記X軸テーブルに載置されたターナ

【0006】しかしながら、上記特開平8-192348号公報に記載された研削研磨方法及び上記の非球面研削機17を使用した研削方法は、いずれにしても、研磨による方法であるから、加工速度が遅く、加工に長時間を要するという問題がある。特に、非球面研削機17は、砥石スピンドル25及びコラム22を搭載したZ軸テーブル24の重量が大きいので、工作物18の回転に同期させてZ軸テーブル24をZ軸方向に往復運動させる際に、Z軸テーブル24は慣性力が大きすぎて迅速に応答することができず、追従遅れを生じる。このため、サーボゲインを大きくして対応しているが、工作物18の回転軸である主軸23の回転速度を大きくすることには限界があり、最大でも100rpmが限度であるから、加工速度を上げることができず、結果として加工時間が長くなってしまおうという問題があった。

【0007】また、非球面研削機17は、Z軸テーブル24の追従遅れのために、3μm程度の象限突起が発生することがあり、工作物18を非軸対称非球面形状に加工するには加工精度が必ずしも十分とはいえなかった。ここで、象限突起とは、象限の切り換わり目において送りモータが反転するとき、摩擦、機械のガタ、ロストモーション等により工具先端が指令値どおりに追従できず、その遅れ時間により形状誤差を生ずる現象をいう。

【0008】ところで、慣性力を小さくして高速往復運動を可能にしたNC加工機として、従来、NCリード加工機がある（特開平2-180503号公報、特開平3-73202号公報参照）。該NCリード加工機は、VTR用シリンダにテープ走行時のガイドとなるリード形状等のリード加工を高速で行うために、専用機として開発されたものである。

【0009】たとえば、特開平2-180503号公報に開示されたNCリード加工機26は、図9及び図10に示すように、主軸27を回転させるスピンドルモータ28を組み込んだ主軸台29、主軸27の長手方向であるZ軸方向に移動可能なZ軸テーブル30、Z軸方向に直交するX軸方向にZ軸テーブル30上を移動可能であって且つ主軸台29を載置したX軸テーブル31、主軸27の先端に設けられたチャックであるクランプ32、クランプ32に保持される工作物33と対向する位置に設置したテーブル34、テーブル34に取り付けられた刃物台装置としてのターナ35から構成されており、ターナ35は、テーブル34に取り付けたサーボモータ36、サーボモータ36の駆動軸と一体構造の回転軸37に形成した雄ねじ（図示せず）、前記雄ねじに螺合し且つ回転軸37の回転運動に応じて往復運動可能なナット部材（図示せず）、該ナット部材に固定され且つ一端にバイト38を取り付けたスライド39、及びテーブル34に取り付けたスライドベース40にスライド39をZ軸方向に移動可能に支持する軸受（図示せず）から構成されている。

【0010】NCリード加工機26は、スライド39に取り付けられたバイト38が主軸台29に保持した工作物33の回転角度に対応して一定ストロークで往復運動を繰り返すようにプログラムされ、リード加工専用機として使用するように構成したものである。リード加工を行う際には、X軸テーブル31の移動を固定し、主軸27に保持される工作物33のサーボモータ28による回転に正比例して、テーブル34に取り付けたZ軸移動用サーボモータ36を作動させている。具体的には、工作物33が一回転する毎に、Z軸移動用サーボモータ36は前進移動と後退移動を一定ストロークで一度行っており、リニア往復運動と同時に、Z軸テーブル30は、工作物33が一回転する毎に（即ち、リードが1本切削される毎に）、図11に示すように、工作物33側へ数拾μmの切込みで距離pずつ移動し、最終端に達するまでの長さ（工作物33の外周面に成形されるリード部の長手方向の量即ち長さL）まで微動移動を繰り返すことになる。NCリード加工機26は、ターナ35が軽量であるがゆえに、工作物33を1000rpmの回転速度で高速回転させながらリード加工を施すことができるものである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上記のとおり、非軸対称非球面を製作するためには、従来から一般に、砥石で研磨する方法が採られてきた。通常のNC加工機では、テーブルの慣性力が大きいためテーブルが高速で追従できないという理由から、加工物の回転速度も低くなり、バイトで切削して非軸対称非球面を製作することは困難であると考えられてきた。

【0012】しかしながら、研磨による方法は加工に長時間を要するという問題があることから、非軸対称非球面を短時間で製作することが求められていた。そこで、本願発明は、非軸対称非球面を切削加工によって製作できるようにすることを課題とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】この発明の目的は、上記課題を解決することであり、NCリード加工機が有する慣性力の小さい高速往復運動性能に着目し、NCリード加工機を利用してレンズ等の工作物に対して非軸対称非球面を精度よく加工するものであり、従来からリード加工のための専用機として使用されてきたNCリード加工機を応用して、累積焦点メガネレンズ等のような非軸対称非球面を精度よく短時間で高速加工することができる非軸対称非球面の加工方法を提供することである。

【0014】この発明は、主軸を回転させるモータを組み込んだ主軸台、前記主軸台を載置し且つ前記主軸の長手方向であるZ軸方向に移動可能なZ軸テーブル、前記主軸の先端に保持される工作物と対向する位置に設置され且つ前記Z軸方向に直交するX軸方向に移動可能なX軸テーブル、及び前記X軸テーブルに載置されたターナ

回転運動に応じて往復運動することができる。

【0023】非軸対称非球面の加工の際には、主軸台5を載置したZ軸テーブル3は動かないように固定される。また、工作物9は主軸台5の主軸(C軸)の先端に設けられたチャック8によって保持され、スピンドルモータ7によってC軸回りに500rpmの回転速度で高速回転する。工作物9としては、プラスチック材や非金属が好適である。一方、スライド12の先端に取り付けられたバイト15は、スライド12の往復運動に伴ってZ軸方向に往復運動するとともに、X軸テーブル4と一緒にX軸方向にも往復運動する。

【0024】NC加工機1は、スライド12の重量やターナ11を載置したX軸テーブル4の重量がそれぞれ、例えば、図8に示したような従来の非球面研削機17のZ軸テーブル24の重量や主軸台19を載置したX軸テーブル20の重量に比べてかなり小さいので、慣性力も小さくなり、高速往復運動が可能となる。即ち、Z軸方向についてみると、図8の非球面研削機17では、Z軸テーブル24とコラム22と砥石スピンドル25をZ軸方向に往復運動させなければならず総重量が大きいのに対して、この発明による非軸対称非球面の加工方法が適用されるNC加工機1ではスライド12を往復運動させるだけであるから重量が非常に小さくなる。また、X軸方向についてみると、非球面研削機17では主軸台19とX軸テーブル20を往復運動させるのに対して、NC加工機1ではターナ11とX軸テーブル4を往復運動させる。しかし、ターナ11の方が主軸台19に比べて約半分の重量であるから、NC加工機1の方が慣性力も小さく、高速化が可能になる。この実施例では、NC加工機1の実数回転数は500rpmであるが、X軸方向の慣性力をもっと小さくすることができれば、更に実用回転数を増加することができる。

【0025】NC制御のための数値データは、中心からの距離即ち半径 $r$ と基準線から測った角度 $\theta$ とで規定するポイントにおける工作物の厚さ $h$ で与えられる。即ち、 $(r, \theta, h)$ で数値データが記憶装置に記憶されている。例えば、工作物の半径を50mmとした場合、中心からの距離 $r$ を0.2mmピッチでとり、360度を360分割して1度ずつ角度 $\theta$ をとる。従って、この場合には、9万ポイントの数値データが記憶される。このようにデータ長が長いので、このNC加工機においては、データをパソコンからNC制御装置が直接受け取って加工するDNC運転が行われる。また、これらのポイントとポイントとの間のデータは円弧補間、直線補間等の補間法によって演算される。

【0026】切削加工は、上記数値データに基づいて主軸駆動用のサーボモータ7及びスライド12駆動用のサーボモータ14を制御することにより行われるが、刻々変化する主軸の回転角は高分解能のロータリエンコーダ(図示せず)によって連続的に検出され、スライド12

の往復運動によるバイト15の刻々変わる実際の移動量はサーボモータ14に設けられたパルスコード(図示せず)により連続的に検出され、該検出値はNC制御装置の記憶情報と比較され、比較情報に基づいてサーボモータ7及びサーボモータ14は制御される。また、X軸テーブル4の位置もパルスコード(図示せず)によって検出され、X軸テーブル4駆動用のサーボモータ10がNC制御される。

【0027】次に、この発明による非軸対称非球面の加工方法について説明する。まず、ラグビーボール形状を加工する例について説明する。ラグビーボール形状を半割にして正面から見た図が図4(A)である。このラグビーボール形状は、X軸断面を上から見ると、即ちY方向から見ると、図4(B)のようになり、Y軸断面を横から見ると、即ちX方向から見ると、図4(C)のようになり、X方向の曲率とY方向の曲率が異なる楕円形状である。また、中心から最外周までの高さは、外周が楕円の場合には同じ高さHである。

【0028】次に、実際のメガネレンズのような形状をした工作物9を想定すると、素材の外周は円形であり、これを同心円状に加工する。外周が円形で且つ上記のようなX方向の曲率とY方向の曲率が異なる工作物の形状を図4と同様に表すと、図5のようになる。即ち、工作物の形状を正面から見た図が図5(A)である。この工作物の形状は、X軸断面を上から見ると、即ちY方向から見ると、図5(B)のようになり、また、Y軸断面を横から見ると、即ちX方向から見ると、図5(C)のようになり、X方向の曲率とY方向の曲率が異なる楕円形状である。また、中心から最外周までの高さは、外周が円の場合、違う高さ $H_1$ 、 $H_2$ となる。

【0029】次に上記図5(B)と図5(C)を同一面上に重ねて画くと、図5(B)の断面形状は図6の実線で画いた断面形状に、図5(C)の断面形状は図6の破線で画いた断面形状になる。ここで、実線で画いた $O_1$ を中心とする円及び破線で画いた $O_2$ を中心とする円は、それぞれダイヤモンドバイト15の先端部の形状を示している。各々の断面を加工する時のバイト15の位置について説明すると、実線で画いた曲面のような曲率の小さい断面を加工する時のバイト中心は $O_1$ であり、破線で画いた曲面のような曲率の大きい断面を加工する時のバイト中心は $O_2$ となる。

【0030】工作物9が90度回転する毎に、大、小、大、小と変化するような形状を想定する。工作物9が0度の状態から90度回転すると、バイト中心は、図6に示すように、X軸方向に微小距離 $\Delta l$ だけ移動すると同時に、Z軸方向に $\Delta h$ だけ移動して大きな曲率の断面になるように工作物9を加工する。次に工作物9が更に90度回転すると、バイト中心はX軸方向に微小距離 $-\Delta l$ だけ移動すると同時に、Z軸方向に $-\Delta h$ 移動して小さな曲率の断面になるように工作物9を加工する。そし

回転運動に応じて往復運動することができる。

【0023】非軸対称非球面の加工の際には、主軸台5を載置したZ軸テーブル3は動かさないように固定される。また、工作物9は主軸台5の主軸（C軸）の先端に設けられたチャック8によって保持され、スピンドルモータ7によってC軸回りに500rpmの回転速度で高速回転する。工作物9としては、プラスチック材や非金属が好適である。一方、スライド12の先端に取り付けられたバイト15は、スライド12の往復運動に伴ってZ軸方向に往復運動するとともに、X軸テーブル4と一緒にX軸方向にも往復運動する。

【0024】NC加工機1は、スライド12の重量やターナ11を載置したX軸テーブル4の重量がそれぞれ、例えば、図8に示したような従来の非球面研削機17のZ軸テーブル24の重量や主軸台19を載置したX軸テーブル20の重量に比べてかなり小さいので、慣性力も小さくなり、高速往復運動が可能となる。即ち、Z軸方向についてみると、図8の非球面研削機17では、Z軸テーブル24とコラム22と砥石スピンドル25をZ軸方向に往復運動させなければならず総重量が大きいのに対して、この発明による非軸対称非球面の加工方法が適用されるNC加工機1ではスライド12を往復運動させるだけであるから重量が非常に小さくなる。また、X軸方向についてみると、非球面研削機17では主軸台19とX軸テーブル20を往復運動させるのに対して、NC加工機1ではターナ11とX軸テーブル4を往復運動させる。しかし、ターナ11の方が主軸台19に比べて約半分の重量であるから、NC加工機1の方が慣性力も小さく、高速化が可能になる。この実施例では、NC加工機1の実数回転数は500rpmであるが、X軸方向の慣性力をもっと小さくすることができれば、更に実用回転数を増加することができる。

【0025】NC制御のための数値データは、中心からの距離即ち半径 $r$ と基準線から測った角度 $\theta$ とで規定するポイントにおける工作物の厚さ $h$ で与えられる。即ち、 $(r, \theta, h)$ で数値データが記憶装置に記憶されている。例えば、工作物の半径を50mmとした場合、中心からの距離 $r$ を0.2mmピッチでとり、360度を360分割して1度ずつ角度 $\theta$ をとる。従って、この場合には、9万ポイントの数値データが記憶される。このようにデータ長が長いので、このNC加工機においては、データをパソコンからNC制御装置が直接受け取って加工するDNC運転が行われる。また、これらのポイントとポイントとの間のデータは円弧補間、直線補間等の補間法によって演算される。

【0026】切削加工は、上記数値データに基づいて主軸駆動用のサーボモータ7及びスライド12駆動用のサーボモータ14を制御することにより行われるが、刻々変化する主軸の回転角は高分解能のロータリエンコーダ（図示せず）によって連続的に検出され、スライド12

の往復運動によるバイト15の刻々変わる実際の移動量はサーボモータ14に設けられたパルスコード（図示せず）により連続的に検出され、該検出値はNC制御装置の記憶情報と比較され、比較情報に基づいてサーボモータ7及びサーボモータ14は制御される。また、X軸テーブル4の位置もパルスコード（図示せず）によって検出され、X軸テーブル4駆動用のサーボモータ10がNC制御される。

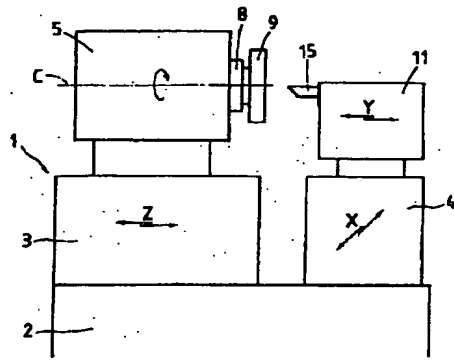
【0027】次に、この発明による非軸対称非球面の加工方法について説明する。まず、ラグビーボール形状を加工する例について説明する。ラグビーボール形状を半割にして正面から見た図が図4（A）である。このラグビーボール形状は、X軸断面を上から見ると、即ちY方向から見ると、図4（B）のようになり、Y軸断面を横から見ると、即ちX方向から見ると、図4（C）のようになり、X方向の曲率とY方向の曲率が異なる楕円形状である。また、中心から最外周までの高さは、外周が楕円の場合には同じ高さ $H$ である。

【0028】次に、実際のメガネレンズのような形状をした工作物9を想定すると、素材の外周は円形であり、これを同心円状に加工する。外周が円形で且つ上記のようなX方向の曲率とY方向の曲率が異なる工作物の形状を図4と同様に示すと、図5のようになる。即ち、工作物の形状を正面から見た図が図5（A）である。この工作物の形状は、X軸断面を上から見ると、即ちY方向から見ると、図5（B）のようになり、また、Y軸断面を横から見ると、即ちX方向から見ると、図5（C）のようになり、X方向の曲率とY方向の曲率が異なる楕円形状である。また、中心から最外周までの高さは、外周が円の場合、違う高さ $H_1$ 、 $H_2$ となる。

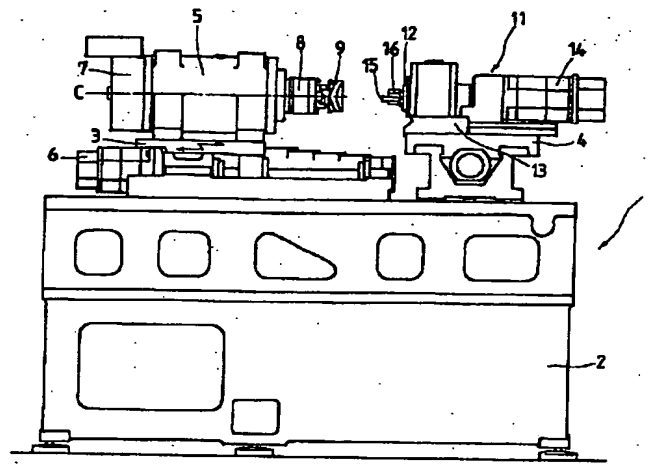
【0029】次に上記図5（B）と図5（C）を同一面上に重ねて画くと、図5（B）の断面形状は図6の実線で画いた断面形状に、図5（C）の断面形状は図6の破線で画いた断面形状になる。ここで、実線で画いた $O_1$ を中心とする円及び破線で画いた $O_2$ を中心とする円は、それぞれダイヤモンドバイト15の先端部の形状を示している。各々の断面を加工する時のバイト15の位置について説明すると、実線で画いた曲面のような曲率の小さい断面を加工する時のバイト中心は $O_1$ であり、破線で画いた曲面のような曲率の大きい断面を加工する時のバイト中心は $O_2$ となる。

【0030】工作物9が90度回転する毎に、大、小、大、小と変化するような形状を想定する。工作物9が0度の状態から90度回転すると、バイト中心は、図6に示すように、X軸方向に微小距離 $\Delta l$ だけ移動すると同時に、Z軸方向に $\Delta h$ だけ移動して大きな曲率の断面になるように工作物9を加工する。次に工作物9が更に90度回転すると、バイト中心はX軸方向に微小距離 $-\Delta l$ だけ移動すると同時に、Z軸方向に $-\Delta h$ 移動して小さな曲率の断面になるように工作物9を加工する。そし

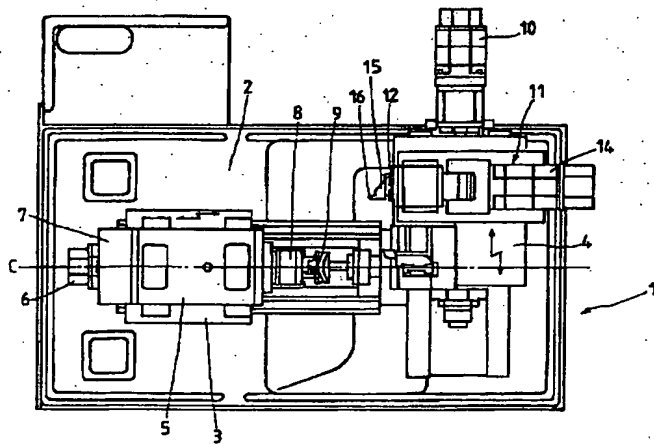
【図1】



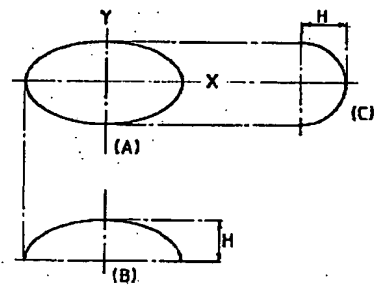
【図2】



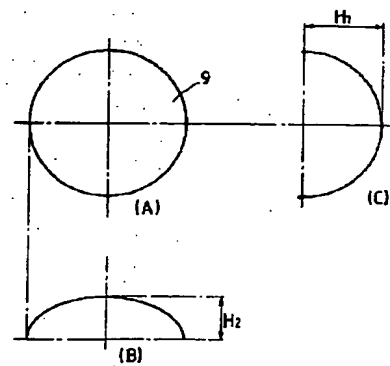
【図3】



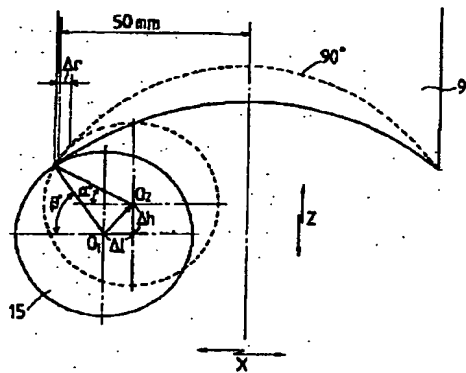
【図4】



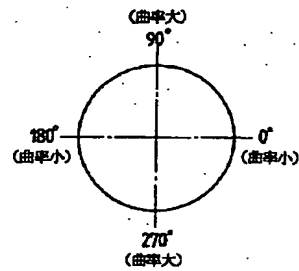
【図5】



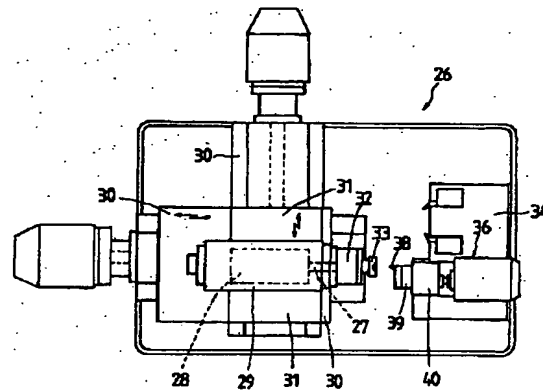
【図6】



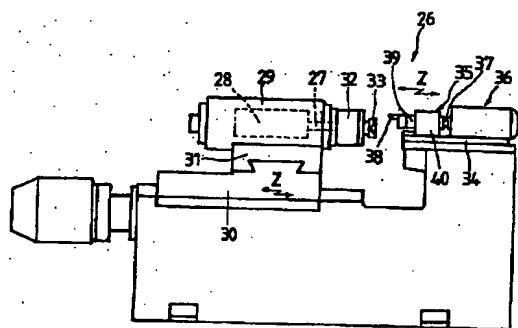
【図7】



【図10】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 田上 正喜  
福岡県古賀市駅東三丁目3番1号 西部電  
機株式会社内